

## **UTILIZACION DE LOS RESIDUOS DE UNA INDUSTRIA DE DULCES REGIONALES (DULCE DE MAMÓN) PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGAS**

Martina P., Bucki Wasserman B<sup>1</sup>, García Solá E., Corace J., Aeberhard R.,  
Grupo de Investigación en Energías Renovables (GIDER) – Departamento de Termodinámica  
Facultad de Ingeniería – UNNE  
Av. Las Heras 750 – (3500) Resistencia – Chaco  
Email: [pablo@ing.unne.edu.ar](mailto:pablo@ing.unne.edu.ar)

### **RESUMEN:**

Se exponen los resultados de un ensayo completo de biodigestión anaeróbica para obtención de gas metano a partir de los residuos y desechos de una fábrica de dulce mamón (*Carica Papaya*). Previo a su procesamiento, la fruta es clasificada de acuerdo a su aspecto, grado de maduración, tamaño, textura, etc, y como consecuencia de esta selección, una gran parte de la fruta es descartada en este proceso inicial, aproximadamente un 30%. Hasta el presente, esta industria descarta esta fruta y la propuesta del Grupo de Investigación es utilizar estos desechos para producir biogas, que podría utilizarse principalmente en la cocción del dulce. Esto redundaría en una mejora en los resultados económicos de la producción de dulce. Para ello se utilizó el biodigestor de carga única o batch construido en el Departamento de Termodinámica de la Facultad de Ingeniería de la UNNE.

**PALABRAS CLAVE:** mamón, biodigestor, biogas, contenido de sólidos totales, dilución, pH, gasómetro, relación entre biogas y residuos.

### **INTRODUCCION:**

El Grupo de Investigación en Energías Renovables (GIDER), que funciona en el Departamento de Termodinámica de la Facultad de Ingeniería de la UNNE se encuentra trabajando desde hace 8 años en la realización de ensayos de biodigestión para determinar la cantidad de gas metano que producen diferentes sustancias. El metano es un excelente combustible, con un poder calorífico algo inferior al gas usado en garrafas y cilindros domiciliarios. Su utilización y consumo es importante no solo desde el punto de vista energético sino desde el punto de vista del cuidado del medio ambiente ya que es un gas de efecto invernadero (GEI). Efectivamente sus moléculas absorben radiación infrarroja (IR), debido a que la frecuencia de vibración de los enlaces de C y H en la molécula de CH<sub>4</sub> son del orden de las longitudes de onda del espectro infrarrojo de la luz (Doménech, 2005). Por ello es doblemente importante captarlo e impedir que suba a la atmósfera.

En el GIDER se han realizado ensayos con basuras de cocina, restos de aserrín y virutas. Los ensayos realizados hasta el presente buscaron principalmente hallar una relación entre la cantidad de biogas producido en un reactor tipo batch y la masa de sustrato colocada como alimentación. Este dato se convertirá en un insumo fundamental a la hora de diseñar un reactor de producción continua, tipo semienterrado y de mayor escala. Hace poco se recibió el encargo de analizar los restos de una industria alimenticia que fabrica dulces y mermeladas de mamón, para determinar si pueden utilizarse como materia prima para alimentar un biodigestor y utilizar el gas producido.

El mamón (*Carica Papaya*), también llamado papaya, es una fruta muy apreciada en la región nordeste del país. Es un árbol de la familia de las caricáceas, orden parietales, cuyos muy apreciados frutos proceden de las plantas femeninas y son unas grandes bayas de aspecto y tamaño parecido al melón, el peso puede variar entre 0,5 y 8 Kg.. Su pulpa es de color amarillo naranja, de consistencia similar a la mantequilla, jugosa, perfumada y azucarada, de sabor muy agradable. La pulpa rodea a una gran cavidad que contiene numerosas semillas negras, redondas y rugosas. Es un fruto sumamente alimenticio que contiene vitamina A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> y C, y si se somete su corteza a medianas presiones, exuda un látex blanquecino cuyo principio activo es la papaína, fermento activo muy usado en medicina.

El mamón es una fruta que tiene elevado desperdicio, ya que se eliminan los pedazos golpeados, magullados o de mal aspecto. El desecho puede llegar hasta el 30% de la fruta inicial. Esta fruta desechada (que hasta el momento se desperdicia) tiene la característica que ya contiene un gran porcentaje de humedad, se desmenuza fácilmente y a veces ya tiene cierto grado de descomposición, lo que la hace ideal para alimentar un biodigestor. Por otra parte, el mamón tiene una relación C/N de aproximadamente 40 (Hilbert, 2001), lo cual lo hace muy indicado para la digestión, sin que haya necesidad de agregar nitrógeno.

---

<sup>1</sup> Director del Grupo de Estudios Sobre Energía y Ambiente – Reg. Acad. Confluencia – U. T. N. – Neuquén.

Las características más importantes para la industria de procesamiento de la fruta momentos antes de utilizarse para producir dulce de mamón se determinaron según el siguiente análisis próximo o inmediato (según metodología estandarizada: Standard Methods for Water and Wastewater, 20th Edition 1998):

Contenido de humedad en base seca: 
$$\frac{M_{\text{húmeda}} - M_{\text{seca}_1}}{M_{\text{seca}_1}} = 646,82\%$$

Contenido de humedad en base húmeda: 
$$\frac{M_{\text{húmeda}} - M_{\text{seca}_1}}{M_{\text{húmeda}}} = 86,61\%$$

% de Sólidos Secos o % de Sólidos Totales: 
$$\frac{M_{\text{seca}_1}}{M_{\text{húmeda}}} = 13,39\%$$

% de Sólidos Volátiles (a 550°C): 
$$\frac{M_{\text{seca}_1} - M_{\text{seca}_2}}{M_{\text{seca}_1}} = 74,68\%$$

% de Cenizas (a 550°C) 
$$\frac{M_{\text{seca}_2}}{M_{\text{seca}_1}} = 25,32\%$$

En donde cada término indica lo siguiente:

M<sub>húmeda</sub>: masa de muestra con su humedad inicial  
M<sub>seca<sub>1</sub></sub>: masa de muestra secada a 105°C  
M<sub>seca<sub>2</sub></sub>: masa de muestra secada a 550°C

El contenido de humedad en base húmeda más el porcentaje de sólidos secos (también llamados sólidos totales) debe dar el 100% de la muestra. En cuanto al porcentaje de sólidos volátiles, representa la materia orgánica que puede ser degradada por las bacterias y que puede transformarse en biogas (Tchobanoglous et al., 1998). El porcentaje de sólidos volátiles sumados al porcentaje de cenizas que quedan al final del ensayo a 550°C, dan el 100% de la muestra inicial (que se encontraba a 105°C).

#### DESCRIPCION DEL ENSAYO:

Se cortó y se picó 1,5 kg de pulpa madura de mamón en trozos cúbicos de aproximadamente 2 cm de arista. Se agregó y mezcló con agua y material inoculante de bacterias para lo cual se utilizaron 270gr de heces, cantidad suficiente de acuerdo a la bibliografía (Bastin y Dochain, 1999). A continuación, en la foto N°1 se observa la fruta a colocarse dentro del biodigestor.



Foto N° 1: mamón trozado listo para el biodigestor

Se utilizó un biodigestor pequeño de carga única o tipo batch, de plástico, capacidad 20 litros, con serpentina externa de caño plástico (diámetro interior 10mm y diámetro exterior 12mm) para calefacción del proceso por medio de agua caliente, boca superior de carga y salida de gases y boca inferior para toma de muestras y medición de pH. La presión dentro del reactor y en el gasómetro de campana flotante se midió y controló por medio de un manómetro de tubos en U con agua coloreada en su interior. La acumulación y medición del gas se realizó por medio de gasómetro de campana flotante y presión constante (10cm de presión de columna de agua provocada por pesos arriba de la campana). En la foto N° 2 se observa el biodigestor utilizado:



Foto N° 2: biodigestor utilizado

Las características de carga del biodigestor fueron las siguientes:

Volumen total: 20 litros

Volumen de agua: 16 litros

Volumen libre: 4 litros

#### RESULTADOS:

La producción de biogas fue muy rápida, para un proceso de fermentación biológica se la puede clasificar de casi espontánea (empezó a las 5 horas). Esto se notó en el gasómetro de campana flotante porque la campana de vidrio comenzó a subir al ir llenándose de biogas más aire de purga. La duración del ensayo fue de una semana. Se midió temperatura ambiente y del gas, presión atmosférica y del gasómetro, volumen generado, composición del gas (aparato de ORSAT) y pH. Con estos parámetros se estimó la producción de biogas en base a la ecuación de estado de los gases ideales:

$$p \cdot V = m \cdot R_p \cdot T \quad (1)$$

Los valores de p, V y T se midieron experimentalmente, mientras que el valor del  $R_p$  del gas ya había sido calculado anteriormente (Martina et al., 2007):

$$R_p \text{ biogas} = 31,172 \text{ Kg f m} / \text{Kg masa } ^\circ\text{K}$$

El valor de la presión p se tomó de la siguiente manera:

$$p = P \text{ manométrica} + P \text{ barométrica} \quad (2)$$

Para la presión manométrica se tomó el valor constante al cual estaba sometida la campana de gas, que era de 10cm de columna de agua. En cuanto a la presión barométrica se fue midiendo cada vez que se tomaron datos mediante un barómetro de mercurio de Torricelli, y su valor osciló entre 740 y 755mm de Hg.

El valor del volumen se midió por medio del gasómetro de campana flotante que estaba aforado en litros. El procedimiento consistió en acumular gas en el digestor, luego transvasarlo al gasómetro para medirlo, y luego quemarlo o ventearlo. Luego de sucesivas operaciones se fueron sumando cada una de las masas, hasta que por sumatoria se llegó a la masa final.

Cantidad de biogas producido:  $m = 280,5\text{gr. de biogas}$

$$\text{Relación biogas/carga: } \frac{280,5\text{gr de biogas}}{1,5 \text{ kg de mamón}} = 187 \text{ gr. biogas / kg de mamón}$$

La composición del biogas fue analizada por medio de un aparato de ORSAT, que midió el porcentaje de  $\text{CO}_2$  a través de la quimisorción con hidróxido de potasio KOH. Se midió el contenido de  $\text{CO}_2$  desde el primero hasta el séptimo día. Los resultados se muestran en el siguiente gráfico N°1:

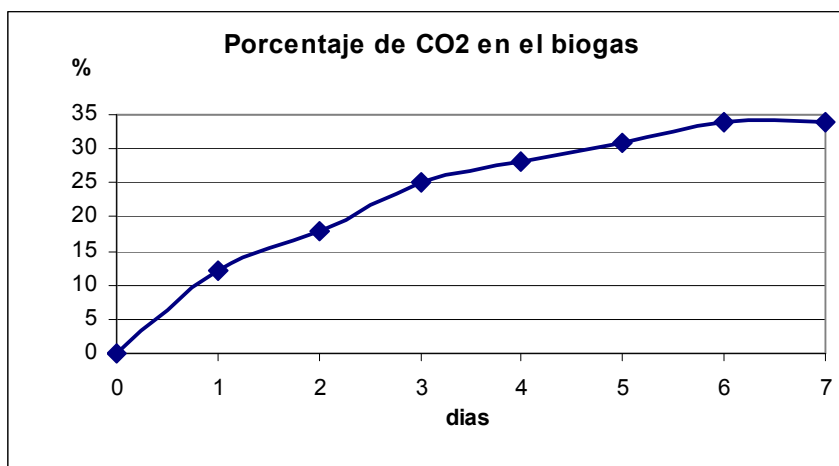


Gráfico N°1: composición del biogas

En este gráfico, se observa que en los primeros días, correspondientes a la etapa de la acetogénesis, la producción de CO<sub>2</sub> es baja (12% - 18%). Poco a poco, los alcoholes, ácidos grasos de cadena larga (propiónico, butírico, etc.) y compuestos aromáticos como el benzoato se degradan por bacterias acetogénicas con producción principalmente de ácido acético, dióxido de carbono e hidrógeno (Gropelli y Giampaoli, 2006). A partir de ese momento empieza a aumentar el contenido de CO<sub>2</sub> en el biogas hasta estabilizarse en un 35 a 40% (comienzo de la metanogénesis). Esta etapa comienza a perfilarse a partir del quinto día (30% de CO<sub>2</sub>).

#### CONCLUSIONES:

La producción de biogas a partir del mamón se considera satisfactoria, lo suficientemente importante como para justificar la instalación de una planta de producción de biogas del tipo continua, con su reactor de digestión semienterrado.

La descarga de barros (con elevado contenido de nitrógeno) de la digestión puede usarse como fertilizante en huertas productoras de plantas. La planta cuenta en este momento con una pequeña chacra productora de frutos, pero no se realizan tareas de fertilización y mejoramiento del suelo. Debe tenerse en cuenta que actualmente todo el rechazo de la fruta se tira sin darle ninguna utilidad. El biogas generado (CH<sub>4</sub>) puede utilizarse principalmente en la cocción de la fruta y para calentamiento de agua de uso industrial. De acuerdo a los cálculos realizados, con lo que se generaría de gas en el digestor, el consumo de combustible se reduciría en un 40%.

Por otra parte, el uso de biogas evitaría el uso de combustibles fósiles, (hoy día excesivamente costoso, cada vez mas difícil de proveerse, altamente contaminante por su contenido de CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> en los humos de chimenea) lo que permitiría a una fábrica que al instalar biogas, se pueda presentar y solicitar de acuerdo al Tratado de Kyoto, el recupero de divisas debido al canje de bonos verdes de carbono.

Los resultados obtenidos de este primer ensayo con mamón son preliminares. Próximamente se realizarán nuevos ensayos con mayor cantidad de fruta (se usará otro reactor) y de mayor duración.

#### REFERENCIAS:

- Tchobanoglous, G; Theisen, H; Vigil, S. (1998). Gestión Integral de Residuos Sólidos. McGraw-Hill. ISBN 04-481-124.
- Domenech, X. (2003) Química Ambiental, El impacto ambiental de los residuos, 2ª edición. p. 122. Miraguano Ediciones.
- Hilbert J. (2001) Manual para la producción de biogás. <http://www.inta.gov.ar/iir/info/matriz.htm> (7-jun-08)
- Bastin G., y Dochain D. (1999) On-line Estimation and Adaptive Control of Bioreactors. Elsevier Science Publishers. Process Measurements and Controls, I. ISBN 0-444-88430-0 pp. 102-103
- Martina P., Bucki Wasserman B., Corace J., Aeberhard R. (2007) Análisis cualitativo y cuantitativo de la producción de biogas en un reactor tipo batch cargado con aserrín de algarrobo chaqueño. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, vol 11, ISSN 0329-5184
- Gropelli E. y Giampaoli O. (2006) El camino de la biodigestión, Editorial: Universidad Nacional del Litoral, ISBN 987-508-165-5

**ABSTRACT:** Results are exposed in a full test of anaerobic biodigestion to obtain methane gas from wastes of a "mamón" (*Carica Papaya*) preserved fruit factory. Before processing it, the fruit is classified according its appearance, degree of ripeness, size, texture and so on. As a result of this selection, a great part of the fruit is discarded in this initial process, approximately a 30%. Up to now, this kind of industry discards the fruit; the proposal of our research group is to employ this kind of wastes in order to produce biogas, which could be used mainly in cooking the preserved fruit. This would improve economic results in the production. By doing this, the one-charge or batch biodigester was built in the Thermodynamics Institute of The School of Engineering, UNNE.

**KEY WORDS:** mamón, biodigester, biogas, total solid contents, pH, gasometer, biogas to waste relation.